



Second Semester Examination
Academic Session 2018/2019

June 2019

EME 432 – Internal Combustion Engine
[Enjin Pembakaran Dalam]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this paper contains **EIGHT [8]** printed pages before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **LAPAN [8]** mukasurat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.]*

INSTRUCTIONS : Answer **ALL FIVE [5]** questions.

[ARAHAN : Jawab SEMUA LIMA [5] soalan]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]

1. You are an engineer in a car manufacturing company that has a base spark-ignition (SI) engine with compression ratio of 8 and operate at inlet pressure of 1 atm. You are given two options to increase the power of the engine:

Anda seorang jurutera dalam sebuah syarikat pembuatan kereta yang mempunyai enjin cucuhan percikan (SI) asas dengan nisbah mampatan 8 dan beroperasi pada tekanan masukkan 1 atm. Anda diberi dua pilihan untuk meningkatkan kuasa enjin:

Option 1: Increase the compression ratio from 8 to 10.

Pilihan 1: Tingkatkan nisbah mampatan dari 8 hingga 10.

Option 2: Increase the inlet pressure from 1 atm to 1.5 atm.

Pilihan 2: Tingkatkan tekanan masukkan dari 1 atm hingga 1.5 atm.

The fuel used has lower heating value (Q_{lhv}) of 44.4 MJ/kg. The intake manifold temperature is 303.15 K and the air density is 1.2 kg/m³. $M_{fuel}/M_{total} = 0.06$, $C_v = 946$ J/kg/K, $\gamma = 1.3$.

Bahan bakar yang digunakan mempunyai nilai pemanasan rendah (Q_{lhv}) sebanyak 44.4 MJ / kg. Suhu pada pancarongga pengambilan ialah 303.15 K dan ketumpatan udara adalah 1.2 kg/m³. $M_{fuel}/M_{total} = 0.06$, $C_v = 946$ J/kg/K, $\gamma = 1.3$.

Relevant formulas / Persamaan berkaitan:

$$Q = M_f Q_{lhv} = M_{Total} C_v (T_{final} - T_{initial})$$

$$PV^\gamma = \text{Constant}$$

$$PV = nRT$$

$$\eta_{otto} = 1 - \left(\frac{1}{CR} \right)^{\gamma-1}$$

$$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Pa}$$

- (i) Calculate the compression pressure of the engine for both options.

Kirakan tekanan mampatan enjin bagi kedua-dua pilihan.

(30 marks/markah)

- (ii) Calculate the maximum Otto cycle pressure of the engine for both options.

Kirakan tekanan kitaran Otto enjin maksimum bagi kedua-dua pilihan.

(30 marks/markah)

- (iii) Calculate the Otto cycle efficiency of the engine for both options.

Kirakan kecekapan kitaran Otto enjin bagi kedua-dua pilihan.

(20 marks/markah)

- (iv) Based on your answers, which option would you choose to increase the power output of the base engine? Justify your answer.

Berdasarkan jawapan anda, pilihan mana yang akan anda pilih untuk meningkatkan output kuasa enjin asas? Berikan justifikasi bagi jawapan anda.

(20 marks/markah)

2. [a]

- (i) Draw and compare TWO (2) types of electric hybrid architectures. Other than cost factor, provide ONE (1) advantage and ONE (1) disadvantage for each architecture.

Lukis dan bandingkan DUA (2) jenis seni bina hibrid elektrik. Selain faktor kos, sediakan SATU (1) kelebihan dan SATU (1) kelemahan untuk setiap seni bina.

(15 marks/markah)

- (ii) State THREE (3) major differences between spark ignition engine and compression ignition engine.

Nyatakan TIGA (3) perbezaan utama di antara enjin cucuhan percikan dan cucuhan mampatan.

(15 marks/markah)

- [b] An 883cc v-twin four stroke engine running on wide open throttle (WOT) at a speed of 2500 rpm and consumes 90g gasoline (C_8H_{18}) per minute. The fuel used has lower heating value (Q_{lhv}) of 44.4 MJ/kg. The volumetric efficiency is 85% and density of air is 1.2 kg/m³. The engine compression ratio is 8.5 and its efficiencies are as follows: $\eta_m = 0.8$, $\eta_c = 0.94$
Molar mass: N = 14 g/mol, O = 16 g/mol, H = 1 g/mol, C = 12 g/mol.

Sebuah enjin 883cc v-berkembar empat lejang beroperasi pada pendikit terbuka luas (WOT) pada kelajuan 2500 rpm dan menggunakan gasolin (C_8H_{18}) sebanyak 90g per minit. Bahan bakar yang digunakan mempunyai nilai pemanasan rendah (Q_{lhv}) sebanyak 44.4 MJ / kg. Kecekapan isipadu ialah 85% dan ketumpatan udara ialah 1.2 kg/m³. Nisbah mampatan enjin adalah 8.5 dan kecekapannya adalah seperti berikut: $\eta_m = 0.8$, $\eta_c = 0.94$

Jisim mol: N = 14 g/mol, O = 16 g/mol, H = 1 g/mol, C = 12 g/mol.

Relevant formulas / Persamaan berkaitan:

$$\text{Brake Power} = \eta_m (0.8 \eta_{\text{otto}}) \eta_c \eta_v \rho_{\text{air}} V_d \frac{N}{n} Q_{lhv} \frac{1}{AFR}$$

$$\eta_{\text{otto}} = 1 - \left(\frac{1}{CR} \right)^{\gamma-1}$$

$$\gamma = 1.3$$

Calculate / Kirakan:

- (i) **The stoichiometric air fuel ratio (AFR) for the fuel.**
Nisbah udara kepada bahan api (AFR) stoikiometri untuk bahan api tersebut.
(20 marks/markah)
- (ii) **The actual AFR and equivalence ratio for the combustion.**
Nisbah sebenar udara kepada bahan api (AFR) dan nisbah setara untuk pembakaran tersebut.
(25 marks/markah)
- (iii) **Indicated power of the engine.**
Kuasa tertunjuk oleh enjin.
(25 marks/markah)

3. [a] **Based on Figure 3 [a] , explain the importance of fuel cetane number the diesel engine application and explain why the cetane number of the fuel for diesel combustion is appropriate within 45 to 55?**

Berdasarkan Rajah 3 [a], terangkan kepentingan nombor setana bahan api terhadap aplikasi enjin diesel dan jelaskan mengapa nombor setana bahan api untuk pembakaran diesel adalah sesuai dalam lingkungan 45 hingga 55?

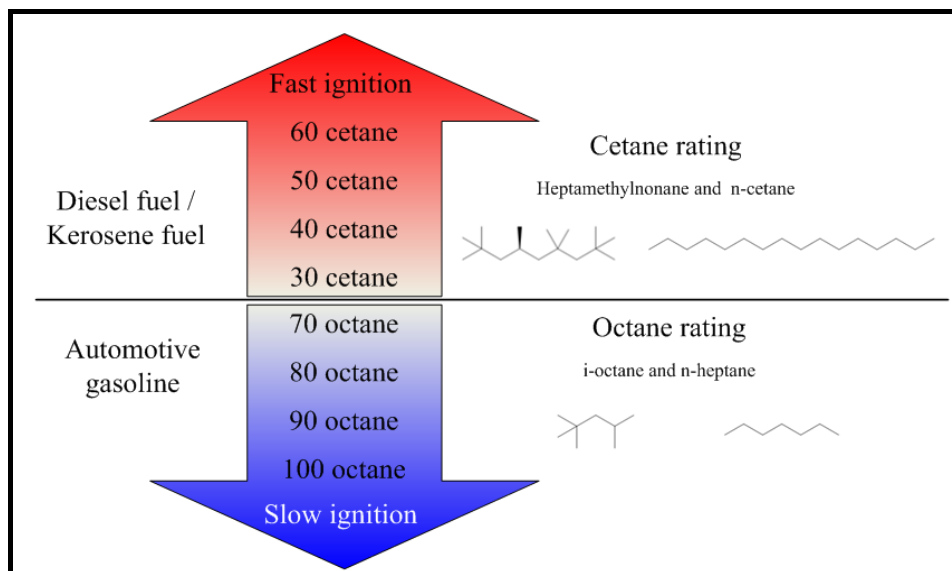


Figure 3 [a]
Rajah 3 [a]

(40 marks/markah)

- [b] A six-cylinder, four-stroke compression-ignition engine operates on air fuel ratio (AFR) of 20. The diameter and stroke of the cylinder are 100 mm and 140 mm respectively. The volumetric efficiency is 80%. The conditions of air at the beginning of compression are 1 bar, 27°C.

Enjin pencucuhan-mampatan, empat-lejang, enam silinder beroperasi pada nisbah udara kepada bahan api (AFR) sebanyak 20. Diameter dan lejang silinder adalah masing-masing 100 mm dan 140 mm. Kecekapan isipadu ialah 80%. Keadaan udara pada permulaan mampatan adalah 1 bar, 27 °C.

Take note that:

Ambil perhatian bahawa:

Density of fuel, $\rho_f = 960 \text{ kg/m}^3$; Orifice discharge coefficient, $C_f = 0.67$.

Ketumpatan bahan api, $\rho_f = 960 \text{ kg/m}^3$, pekali pelepasan orifis, $C_f = 0.67$.

Related equations: $\dot{m}_f = A_o \times V_f \times \rho_f$ where $V_f = C_f \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_f}}$.

Persamaan berkaitan: $\dot{m}_f = A_o \times V_f \times \rho_f$ di mana $V_f = C_f \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_f}}$.

- (i) Calculate the maximum amount of fuel that can be injected in each cylinder per second.

Kirakan jumlah maksimum bahan api yang boleh disuntik dalam setiap silinder sesaat.

(40 marks/markah)

- (ii) If the engine speed is 1500 rpm, injection pressure is 150 bar, air pressure during fuel injection is 40 bar and fuel injection is carried out for 20° crank angle, calculate the diameter of the fuel orifice assuming only one orifice is used.

Jika kelajuan enjin ialah 1500 rpm, tekanan suntikan ialah 150 bar, tekanan udara semasa suntikan bahan api ialah 40 bar dan suntikan bahan api dijalankan bagi sudut engkol 20°, kirakan diameter orifis bahan api dengan menganggap hanya satu orifis digunakan.

(20 marks/markah)

4. [a] Describe THREE (3) fundamental differences between a Turbocharger and a Supercharger.

Terangkan TIGA (3) perbezaan asas antara pengecas turbo dan pengecas lampau.

(15 marks/markah)

- [b] The following data relates to a four-stroke compression ignition (CI) engine operating at the sea level condition of 1.013 bar and 10°C:

Data berikut berkaitan dengan enjin pencucuhan mampatan (CI) empat lejang yang beroperasi pada keadaan paras laut iaitu 1.013 bar dan 10°C:

Brake power/ Kuasa brek = 275 kW

Speed/ Kelajuan = 1800 rpm

Air fuel ratio (AFR) / nisbah udara kepada bahan api (AFR) = 20: 1

Brake specific fuel consumption/ Penggunaan bahan api tentu brek = 0.24 kg/kWh

Engine capacity/ Kapasiti enjin = 0.0245 m³

Volumetric efficiency/ Kecekapan volumetrik = 80%

The engine is fitted with a mechanical supercharger so that it may be operated at an altitude where the atmospheric pressure is 0.75 bar. The power consumed by supercharger is 9% of the total power produced by the engine, and the temperature of the air leaving the supercharger is 30°C. Assume that the air fuel ratio (AFR) and the volumetric efficiency remain the same. Calculate the increase in air pressure (ΔP) required in the supercharger to maintain the same net output of 275 kW.

Enjin ini dilengkapi dengan pengecas lampau mekanik supaya ia boleh dioperasikan pada ketinggian di mana tekanan atmosfera adalah 0.75 bar. Kuasa yang digunakan oleh pengecas lampau adalah 9% daripada jumlah kuasa yang dihasilkan oleh enjin, dan suhu udara keluaran pengecas lampau adalah 30°C. Anggapkan bahawa nisbah udara kepada bahan api (AFR) dan kecekapan volumetrik kekal sama. Kirakan peningkatan tekanan udara (ΔP) yang diperlukan dalam pengecas lampau bagi mengekalkan keluaran kuasa bersih yang setaraf, iaitu 275 kW.

(45 marks/markah)

- [c] A modern electronic fuel injection (EFI) passenger car operates at stoichiometric air fuel ratio (AFR) and has the following engine exhaust emissions levels (dry basis):

Sebuah kenderaan moden pancitan bahan bakar berelektronik (EFI) beroperasi pada nisbah udara kepada bahan api (AFR) stoikiometri dan memberikan pelepasan keluaran enjin seperti berikut (keadaan kering):

CO: 2.5%, HC: 800 ppm, CO₂: 14.3%, O₂: 1.8%, NO_x: 1580 ppm.
CO: 2.5%, HC: 800 ppm, CO₂: 14.3%, O₂: 1.8%, NO_x: 1580 ppm.

Calculate the approximate exhaust pipe out (after catalyst) emissions numbers of the same pollutants assuming the catalyst is working well.

Kirakan nombor-nombor keluaran anggaran paip ekzos (selepas pemangkin) bagi bahan cemar di atas dengan mengandaikan pemangkin berfungsi dengan baik.

(40 marks/markah)

5. [a] When a three-cylinder, four-stroke cycle, SI engine operating at 4500 rpm is connected to an eddy current dynamometer, 80 kW of power is dissipated by the dynamometer. The engine had a total displacement volume of 2.4 liters and a mechanical efficiency of 82% at 4500 rpm. Because of heat and mechanical losses, the dynamometer has an efficiency of 93%.

Apabila sebuah enjin tiga-silinder, berkitar empat-lejang, enjin SI beroperasi pada 4500 rpm dan bersambung dengan sebuah dinamometer arus pusar, sebanyak 80 kW kuasa dilesap oleh dinamometer. Jumlah isipadu tersapu bagi enjin berkenaan adalah 2.4 liters dan kecekapan mekanik adalah 82% pada 4500 rpm. Disebabkan kehilangan haba dan mekanikal, maka dinamometer berkenaan mempunyai kecekapan sebanyak 93%.

Where/ Yang mana:

η_{dyno} = [power recorded by dynamometer] / [actual power from engine].

η_{dyno} = [kuasa yang tercatat dengan dynamometer] / [kuasa sebenar dari enjin].

$$P = 2\pi NT$$

$$P = 2\pi NT$$

SV = V_d / BP where SV is engine specific volume (L/kW) and V_d is total displacement volume (L).

$SV = V_d / BP$ dimana SV adalah isipadu tentu enjin (L/kW) dan V_d adalah jumlah isipada tersapu (L).

Calculate/ Kirakan:

- (i) **Brake power (BP), Indicated power (IP) and Friction power (FP) in kW.**

Kuasa brek (BP), kuasa tertunjuk (IP) dan kuasa geseran (FP).

(20 marks/markah)

- (ii) **Brake mean effective pressure (BMEP) in kPa.**

Tekanan berkesan min brek (BMEP) dalam kPa.

(10 marks/markah)

- (iii) **Engine torque (T) at 4500 rpm.**

Tork (T) enjin pada 4500 rpm.

(10 marks/markah)

- (iv) **Engine specific volume (SV).**

Isipadu tentu (SV) enjin.

(10 marks/markah)

- [b] **A diesel truck can go 6 km per liter of diesel fuel which costs RM 2.11. Natural Gas (CNG) costs RM 1.00 per liter equivalent. Converting a diesel truck to a “dual fuel” configuration will allow an average of 75% CNG substitution (on average 25% diesel and 75% CNG is used). Given the cost of conversion is RM 20,000. Calculate the mileage (in km) the truck has to be driven to recover the cost of conversion.**

Sebuah trak diesel boleh bergerak sejauh 6 km bagi setiap liter diesel pada kos RM 2.11. Kos CNG ialah RM 1.00 setiap liter setaraan. Dengan mengubahsuaian trak diesel kepada “dwi-bahanapi” boleh memberikan purata penggantian CNG sebanyak 75% (iaitu 25% diesel dan 75% CNG digunakan). Diberi kos pengubahsuaian ialah RM 20,000. Kirakan jarak (dalam km) trak berkenaan harus dipandu bagi mendapatkan kembali kos pengubahsuaian.

(50 marks/markah)

-oooOooo-

